

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA LOCALIZACION DE MOVILES EN CIUDAD UNIVERSITARIA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

(AREA ELECTRICA - ELECTRONICA)

P R E S E N T A :

ROBERTO MORENO MALDONADO

Director de Tesis: M. I. Esaú Vicente Vivas



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Primeramente a mi asesor M. I. Esaú Vicente Vivas por su dirección, apoyo y asesorías durante la realización de esta tesis.

A todos los compañeros Académicos y Becarios del Instituto de Ingeniería, coordinación de Automatización, por sus ideas, asesorías, gratos momentos especialmente a la Dra. Cristina Verde, Antonio Echeverría, Juan Antonio Mejía, Martín López y Laura.

A todos mis profesores de la Facultad de Ingeniería

Gracias por todos los conocimientos que adquirí a lo largo de mis años de estudio.

A la compañía Punto Flotante, quien brindó equipo para efectuar la validación del prototipo desarrollado.

Gracias a la UNAM, por su ejemplo como una de las mejores instituciones del país

Dedicatorias

A mis padres

Gloria y Roberto

**Por su gran apoyo y comprensión y sobre todo por la oportunidad que me
brindaron de lograr un objetivo importante en la vida.**

A mi Mami

**Por toda su dedicación y estímulos desde mi infancia para haber logrado la
culminación de esta tesis.**

A mis hermanos

Angélica, Víctor Hugo y Agustín

**Por la alegría de todos los días y esperando que ellos también logren sus
objetivos personales.**

A mis tíos

Víctor, Jesús, Enrique

Gracias a ellos, fui un ejemplo a seguir.

A Gisela

Por su comprensión y apoyo, gracias por ser como eres.

A mis amigos y brigadistas, muchas gracias.

Roberto Moreno Maldonado

	Página
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO 1. DIFERENTES FORMAS EXISTENTES PARA DETERMINAR LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE OBJETOS MÓVILES.	
1.1 Introducción.	5
1.2 Tecnologías disponibles.	
1.2.1 Radar.	5
1.2.2 Loran.	7
1.2.3 Omega.	8
1.2.4 Proximity.	8
1.2.5 GPS.	9
1.3 Equipo de localización utilizado en la presente tesis.	12
CAPÍTULO 2. DISEÑO DEL MÓDULO ELECTRÓNICO DE CONTROL (MEC) PARA INTERACTUAR CON UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) BASADO EN EL MICROCONTROLADOR 8051.	
2.1 Introducción.	13
2.2 Consideraciones para el diseño de la circuitería.	14
2.3 Características del receptor GPS.	15
2.3.1 Formato de los comandos del receptor GPS.	15
2.3.2 Comunicación <i>half duplex</i> entre el MEC y receptor GPS.	19
2.4 Descripción general de la electrónica.	20
2.5 Manejo de datos recibidos del receptor GPS.	22
2.5.1 Procesamiento de datos en el MEC.	23
2.5.2 Empaquetamiento de datos.	25

2.6	Tipos de Modulación utilizada.	26
2.7	Emulación de puerto serie.	26
2.8	Descripción de la tarjeta diseñada.	27

CAPÍTULO 3. RADIOENLACES DE COMUNICACIÓN ENTRE OBJETOS MÓVILES Y EL PUESTO CENTRAL DE MONITOREO(PCM), ASÍ COMO EL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN.

3.1	Introducción.	31
3.2	Sistema de comunicación.	31
3.3	Envío de datos vía radio al PCM.	33
3.4	Equipo de decodificación del PCM.	34
3.4.1	Radio transmisor de UHF.	36
3.4.2	Módem asíncrono.	36
3.4.3	Antena.	37
3.5	Protocolo de comunicación.	37

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA CON EL USUARIO BASADA EN EL USO DE MAPAS DIGITALES.

4.1	Introducción.	39
4.2	Despliegue de imágenes digitales.	42
4.3	Manipulación del color.	43

CAPÍTULO 5. SUPERVISIÓN DE LA UNIDAD MÓVIL DE PRUEBA DESDE EL PUESTO CENTRAL DE MONITOREO.

5.1	Introducción.	45
5.2	Operación del puesto central de monitoreo.	46
5.3.	Modos de operación del paquete de programas desarrollado para el PCM.	56

5.4	Representación de unidad(es) móvil(es) en monitoreo sobre mapas digitales.	56
CAPÍTULO 6.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DENTRO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO.	
6.1	Pruebas de funcionamiento de la electrónica desarrollada (MEC).	58
6.2	Módulo electrónico de control y computadora.	60
6.3	Módulo electrónico de control, GPS y computadora.	61
6.4	Módulo electrónico de control, GPS, equipos de radio, módem y computadora.	61
CAPÍTULO 7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	63
APÉNDICE A.	SEÑALES UTILIZADAS EN LA INTERFAZ RS232.	66
BIBLIOGRAFÍA.		68

Los avances tecnológicos recientes han permitido mejorar e incrementar numerosos servicios que elevan los niveles de rendimiento y productividad en diversos quehaceres. Particularmente, el área de telecomunicaciones a ofrecido nuevas aplicaciones comerciales que han sido rápidamente asimiladas en bastantes países incluyendo el nuestro. Tales avances tecnológicos explotan masivamente el uso de satélites de comunicaciones, logrando con ello reducir los costos por concepto de utilización de canales de datos. De esta forma se han fomentado las redes de teleproceso en general y la tendencia a establecer redes satelitales para aplicaciones específicas, como la telefonía celular y las nuevas herramientas que permiten la ubicación de objetos en la mayor parte del planeta mediante receptores ligeros y portables. Como ejemplo de esta última tecnología se tienen a los receptores GPS, con los cuales se están desarrollando diversos sistemas automatizados para el seguimiento de ferrocarriles, flotas de cargueros, embarcaciones, aeronaves, etcétera.

En esta tesis se presenta el proceso de implantación de un sistema para evaluar el comportamiento de una red vía radio que permite localizar unidades móviles con el auxilio de unidades de posicionamiento global (GPS).

El sistema básico está compuesto por un móvil instrumentado con un receptor GPS, equipo de radio operando en banda UHF, antena, un módulo electrónico de control (MEC) basado en el microcontrolador 8751 y un puesto central de monitoreo (PCM) compuesto por una computadora personal, módem, equipo de radio y antena.

El MEC resalta por su tamaño pequeño, bajo consumo de potencia y porque se le integraron rutinas de modulación para emular un segundo puerto serie; el primero opera a 4800 bauds para comunicarse con el receptor GPS y el segundo trabaja a 300 bauds con dos modalidades: la primera en banda base para pruebas con una computadora personal y la segunda modulada en FSK (por programación) para comunicarse vía radio. En el segundo caso sólo existe transmisión de datos hacia el PCM.

El MEC se programó para enviar comandos y procesar las respuestas del receptor GPS, de tal forma que el PCM pueda recibir información (vía radio) de latitud y longitud geográfica, modo de navegación, velocidad de desplazamiento, número de satélites capturados por el receptor y curso en grados respecto al norte geográfico. Adicionalmente cada MEC acepta una clave de acceso, la cual permite integrar un protocolo de operación en red entre el PCM y varias unidades móviles.

En el PCM destaca el diseño de su interfaz gráfica, para la cual se realizó un sistema amigable con gráficos de alta calidad para facilitar al usuario la comprensión de los datos mostrados. Se digitalizaron cartas geográficas del Campus Universitario, se hizo la georeferencia de las imágenes digitales y éstas se despliegan automáticamente en la pantalla del usuario de acuerdo a la zona transitada por el móvil; este atributo permite intercambiar imágenes de tal forma que es posible el seguimiento del móvil en cualquier zona del campus. Sobre las imágenes se muestra la ubicación de móviles con gráficos resaltados en tiempo real, junto con información actualizada de posición bidimensional, velocidad, etcétera.

La programación del PCM se realizó completamente en lenguaje "C" y está dividida en dos partes fundamentales:

1. Modo de seguimiento en tiempo real.
2. Modo de reproducción de seguimiento de unidad móvil.

En el primer modo se supervisa en tiempo real a un móvil y en paralelo se forma un archivo de datos que recaba la historia de la prueba realizada.

En cuanto al modo de reproducción, permite utilizar parte del programa en modo 1 y los datos de algún archivo histórico para reproducir una prueba, sin la necesidad de contar con toda la instrumentación requerida. Como se puede inferir, este último modo constituye una fase de reconstrucción del comportamiento de algún móvil de la red.

Para el desarrollo del sistema descrito se contó con el apoyo la Cía. Punto Flotante S.A. de C.V., quien facilitó el equipo de comunicaciones requerido: radios, antenas, módems y permiso para operar en una banda de frecuencia UHF, asegurando con ello la integración del sistema diseñado.

La presente tesis consta de 7 capítulos, en el capítulo I se comparan los distintos sistemas existentes para ubicar móviles geográficamente.

En el capítulo II se describe la electrónica desarrollada para establecer el sistema de comunicación con el receptor GPS, así como el manejo, preparación y transmisión de datos.

Para monitorear la unidad móvil, en el capítulo III se describe el protocolo de comunicación, el equipo utilizado en el móvil, así como en el puesto central de monitoreo.

El capítulo IV se describe la interfaz gráfica para el despliegue de mapas digitales.

El puesto central de monitoreo se explica en el capítulo V donde se detalla la interpretación de los datos enviados de la unidad móvil, así como las tareas realizadas para la supervisión de unidades móviles.

El capítulo VI describe las pruebas de validación efectuadas con los equipos de comunicación GPS, computadora portátil, equipos de radio, módem y electrónica desarrollada, para la integración del sistema de localización.

Finalmente en el capítulo VII se mencionan los resultados obtenidos, así como algunas recomendaciones para el uso del presente trabajo de tesis.

**DIFERENTES FORMAS EXISTENTES PARA DETERMINAR LA UBICACIÓN
GEOGRÁFICA DE OBJETOS MÓVILES****1.1 Introducción**

En este capítulo se describen algunas de las formas existentes para la ubicación de objetos móviles como son: radar, loran, omega, "proximity" y GPS. Estas tecnologías ayudan a ubicar objetos a distancia, por ello se mencionan algunas de sus características.

1.2 Tecnologías disponibles**1.2.1 Radar**

El radar es una de las tecnologías que es capaz de señalar la presencia de un objeto a cierta distancia, figura 1.1

El principio de su funcionamiento es la reflexión que sufren los impulsos radio eléctricos con los objetos que se interponen en su camino. La dirección del objeto se conoce por la dirección en la cual fue emitido el impulso. Si se efectúa un barrido girando la antena, se tendrá conocimiento de la zona en una área de cobertura circular y la dirección que tiene la antena en un instante se muestra por una línea radial.

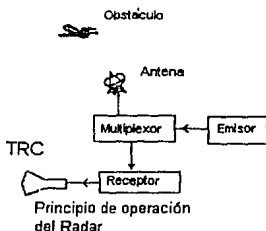


Figura 1.1 Principio de operación del Radar

La respuesta captada se envía a la pantalla de un tubo de rayos catódicos (TRC) como puntos luminosos correspondientes a los obstáculos, por lo cual una escena común sería como la mostrada en la figura 1.2.

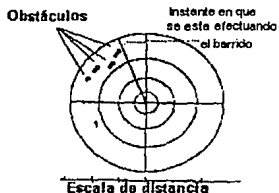


Figura 1.2 Localización de obstáculos sobre el TRC

La distancia a la que aparecen los puntos con respecto al centro de la pantalla es proporcional a la distancia entre la estación de radar y los objetos [2].

1.2.2 Loran

EL Loran ("*Long Range Navigation*") es un sistema de navegación instalado en los años treinta en un radar VHF (aproximadamente de 125 MHz), fue desarrollado como apoyo para la navegación a largas distancias, éste utiliza tres antenas (configuración básica) que transmiten pulsos en la banda de baja frecuencia (LF) las cuales permiten determinar la posición de un objeto en relación con otros usuarios o con un punto de referencia fijo [3].

La distancia entre un emisor y un receptor se conoce midiendo el tiempo que tarda la onda entre ellos y multiplicándolo por la velocidad de propagación. Esta longitud representa el radio de una circunferencia con centro en el emisor, sobre la cual se puede encontrar el receptor. Si se utilizan dos antenas más, la posición exacta del receptor puede ser calculada encontrando las intersecciones de las tres circunferencias. Para poder utilizar este método es necesario que las señales hayan sido emitidas simultáneamente y conocer el instante de emisión, o bien conocer los momentos en que fueron emitidas y recibidas cada una, ver figura 1.3; ésto requiere de dos canales o "*transponders*".

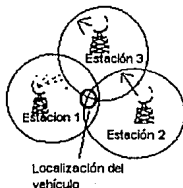


Figura 1.3 Triangulación circular

Si en lugar de medir el tiempo transcurrido, se miden las diferencias de los tres transmisores en el receptor, esto hace que los transmisores en lugar de ser los centros de tres círculos, se convierten en los focos de tres hipérbolas que se interceptan en el receptor. Una de las combinaciones entre transmisores no se utiliza, ya que dos hipérbolas son suficientes para determinar la posición.

1.2.3 Omega

Omega es un sistema de navegación de 10 a 14 MHz, el cual fue desarrollado para la navegación submarina debido a que puede operar en extra bajas frecuencias; es usado en aviación y aplicaciones militares.

Este sistema utiliza estaciones omega, donde cada estación transmite ocho tonos senoidales consecutivos con una velocidad de repetición de 10 segundos. Cuatro tonos son comunes a todas las estaciones; los otros cuatro tonos se repiten como un identificador único de cada estación.

Los receptores omega determinan su posición por dos métodos:

- 1) Midiendo la diferencia de fases entre un par de estaciones y comparando los tonos consecutivos recibidos contra un oscilador local. La posición del receptor está dada por la intersección de las hipérbolas formada por el par de estaciones.
- 2) Midiendo el rango en un sólo camino de alguna de las dos estaciones. Esto requiere un reloj atómico en el receptor. La posición del receptor se calcula encontrando la intersección de las circunferencias de las estaciones [6].

1.2.4 Proximity

Los sistemas "Proximity" determinan la posición de un vehículo por el enlace que existe entre el vehículo y estaciones fijas. Estas estaciones emiten o reciben señales de radio que interactúan con los vehículos que se desplazan frente a ellos. La precisión del sistema depende del espacio que se deje entre los dispositivos conocidos como postes de dirección, por lo que podrán ser ajustados

según las necesidades del usuario del sistema. El vehículo es detectado regularmente, por lo que el intercambio de información entre las bases fijas y móvil permiten conocer su posición [8].

1.2.5 GPS

GPS es un sistema de referencia de satélites de navegación denominado sistema de posicionamiento global ("*Global Positioning System*") o NAVSTAR GPS que ha sido desarrollado por el departamento de la defensa de los Estados Unidos.

El GPS se divide en tres segmentos: espacial, de control en tierra y de usuarios, figura 1.4.

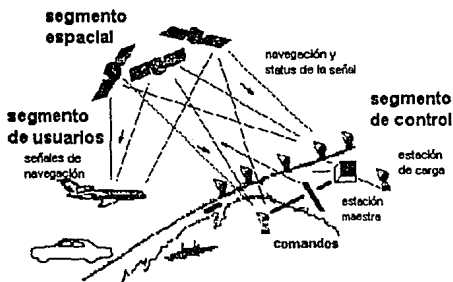


Figura 1.4 Segmentos GPS

Segmento espacial

El segmento espacial a finales de 1993 se configuraba de 21 satélites más tres de reserva en órbitas no síncronas a 20200 km. de altitud. La constelación

está configurada en seis planos de 55 grados, cada uno con cuatro satélites. La separación del plano orbital de los vehículos espaciales es de 120 grados, esto implica que en una base global de 24 horas en un día es posible tener una línea de vista directa a cualquier punto sobre la tierra desde por lo menos cuatro satélites.

Para fijar un punto y obtener la información tridimensional de su posición (latitud, longitud y altura) los satélites emiten una señal codificada que contiene información para determinar la distancia hasta el receptor GPS y la posición del satélite en el momento de la emisión. Tres de los satélites determinan tres esferas centradas en ellos mismos que se interceptan en el receptor. En el proceso de medición también es necesario conocer el momento de recepción de la señal, lo cual es posible gracias a la información del cuarto satélite. Si se conoce con exactitud la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el receptor, se puede determinar la posición con la información de tres satélites solamente.

Las señales contienen un código de precisión (P) y un código de adquisición degradada (C/A) [4].

Los usuarios autorizados tienen acceso al Servicio Preciso de Posición (PPS), el cual mantiene una precisión entre 10 y 20 metros. Los usuarios de la población civil tienen acceso al Servicio Estándar de Posición (SPS), el cual mantiene una precisión de ± 50 metros. La precisión del SPS es intencionalmente limitada de 50 a 100 metros por razones de seguridad de un programa llamado Selección para el Acceso (SA) [5, 6].

Todos los satélites NAVSTAR transmiten dos señales en la banda L, con una frecuencia de oscilación de 10.23 MHz, de donde se obtienen las frecuencias L1 con 1575.42 MHz y L2 con 1227.60 MHz. Las ondas de transmisión de los diferentes satélites son coherentes pero se caracterizan cada uno por su cambio de efecto Doppler. La señal L1 tiene tres mensajes:

1. El código de pulso C/A de 1.023 MHz.
2. El código P de precisión encriptado de 10.23 MHz.

3. Los elementos de la órbita.

En cada satélite los datos son encriptados en un código para preparar un protocolo mientras todos los demás satélites transmiten simultáneamente en la misma frecuencia. Igualmente, las ondas de transmisión de L2 tienen dos mensajes:

1. El código P encriptado.
2. Los elementos que describen su órbita.

La ex Unión Soviética tiene sus satélites llamados GLONASS también en la banda L, operan de forma diferente al sistema Americano. Cada satélite GLONASS transmite en una frecuencia diferente, de ahí que requiere que los receptores sean sintonizables [7].

Segmento de control en tierra

La configuración de las estaciones de monitoreo en tierra requieren de una cobertura dada en un área con el menor número de estaciones, las cuales se encuentran en Vandenberg California (centro de control maestro), Guam, Alaska y Hawaii, donde los monitores registran las señales de los satélites conforme van siendo visibles para ellos. El centro de control reúne los datos y genera un mensaje de navegación para cada satélite que se envía a diario a través de un enlace en la banda S. De esta manera los satélites son capaces de radiar una señal precisa de su posición en función del tiempo [9].

Segmento de usuarios

El segmento de los usuarios está formado por aplicaciones marítimas, aéreas y terrestres, tanto militares como civiles que cuentan con receptor GPS capaz de recibir las señales de los satélites GPS.

1.3 Equipo de localización utilizado en la presente tesis

Los sistemas de mayor precisión para determinar la posición a un costo mínimo para los usuarios se basa en satélites tipo GPS. Dada su cobertura global, disponibilidad continua en cualquier clima, número ilimitado de usuarios y el hecho de que no se paga el servicio de acceso, ha permitido su introducción en sistemas de navegación automatizados dentro de vehículos (bomberos, policía, ambulancias, etcétera) para el monitoreo de flotas de transporte y en general en todo tipo de transportes con un alto valor de carga.

En los siguientes capítulos se describe el desarrollo y características del sistema de localización de móviles elaborado para ésta tesis.

DISEÑO DEL MÓDULO ELECTRÓNICO DE CONTROL (MEC) PARA INTERACTUAR CON UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) BASADO EN EL MICROCONTROLADOR 8051.

2.1 Introducción

En este capítulo se describe el sistema de control desarrollado para programar remotamente a un receptor GPS y para interactuar con equipo de radio que envía datos de telemetría a una estación central (PCM) para supervisar unidades móviles instrumentadas. La comunicación con el receptor GPS se realiza a través de un puerto serial en banda base, el cual soporta líneas de envío-reconocimiento ("*handshake*") en forma bidireccional. Para la comunicación entre ambos módulos (GPS y MEC) se emplean protocolos particularizados, a los que se hará referencia posteriormente.

La electrónica está basada en un microcontrolador (8051) de Intel y electrónica adicional mínima; la cual permite enviar información hacia el receptor GPS y realizar también el almacenamiento de variables transmitidas por el GPS.

2.2 Consideraciones para el diseño de la circuitería

El objetivo de un sistema de control electrónico es la solución automatizada de procesos, lo que implica incidir en un medio con ciertas conexiones y metodologías de trabajo; en el caso de la presente tesis fue necesario tomar en cuenta los estándares que rigen en las comunicaciones para garantizar que la electrónica y programas desarrollados tuvieran un desempeño y características similares a las de dispositivos comerciales. Para lograr lo anterior se tomaron algunas decisiones respecto al diseño:

- Tomar en cuenta los formatos de interacción con el receptor GPS, así como la velocidad de transmisión, bits de datos, bits de "stop" y bits de paridad, garantizando que el dispositivo tuviese un desempeño y una forma de comunicación similar a la interfase serial RS232 (UART).
- Se estableció que los protocolos de comunicación entre la electrónica del MEC, el receptor GPS y el equipo de radio-enlace pudieran operar compartiendo el mismo canal de frecuencia de una red operativa ya instalada donde se tienen los permisos autorizados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- Desarrollar mínima electrónica, así como diseñar rutinas de modulación para emular un segundo puerto serie; el primero a 4800 bauds para comunicarse con el receptor GPS y el segundo a 300 bauds con dos modalidades: la primera en banda base para pruebas con una computadora personal y la segunda modulada en FSK (por programación) para transmitir datos hacia el PCM. Igualmente se propuso validar los tipos de formatos de modulación utilizados: banda base y FSK, los cuales se verificaron enviando todos los caracteres del código ASCII, desde el MEC hacia una computadora y viceversa.
- Diseñar el sistema de forma modular, para que cada una de sus etapas opere aisladamente, facilitando ello la verificación y la integración de los módulos desarrollados; tanto en la unidad móvil como en el PCM.

En los siguientes párrafos se describirá tanto la operación y la interacción entre el MEC, el receptor GPS y los equipos de radio, además se detallarán los protocolos de comunicación usados entre el MEC y el receptor GPS

2.3 Características del receptor GPS

El receptor GPS requiere polarización de 12 Volts de corriente directa. La comunicación hacia el GPS se realiza a través de dos líneas seriales (transmisión y recepción). El GPS genera automáticamente 5 mensajes con formato NMEA (National Marine Electronic Association), recibe 17 comandos o pseudomensajes para programar su operación, además de generar 11 mensajes que contienen los datos solicitados (latitud, longitud, altitud, modo de navegación, número de satélites observados, curso, velocidad, fecha y tiempo) [10].

.2.3.1 Formato de los comandos del receptor GPS

Los tres tipos de mensajes son:

- mensajes automáticos.
- mensajes del MEC hacia el GPS.
- mensajes del GPS hacia el MEC.

Los mensajes automáticos van del receptor GPS hacia el módulo electrónico de control, los cuales se dan a continuación.

RMC Especifica el transito del GPS, se envía cada 2 segundos.

RMB GPS Da la ubicación de los satélites que nos ayudan a localizar el móvil; se envía junto con RMC cada 2 segundos, las especificaciones NMEA sugieren un RMB seguido de un RMC.

GGA Posición global, enviado cada 2 segundos (alternando con RMC+RMB).

GLL latitud/longitud geográfica enviado junto con GGA alternando con los datos de RMC/RMB.

\$PLWRB Datos de los satélites visibles 1-6.

\$PLWRC Datos de los satélites visibles 7-12, enviados cada 2 minutos.

Estos cinco mensajes son enviados automática y continuamente al encender el receptor GPS. Cada secuencia es transmitida una vez por segundo.

Los otros mensajes hacia el receptor GPS, así como todos los comandos que envía el GPS son pseudo grupos de datos NMEA; esto quiere decir que si un mensaje tiene un prefijo \$GP, entonces es un mensaje NMEA y si el mensaje lleva el prefijo \$PL, entonces el GPS tiene un pseudo mensaje NMEA o comando.

Los tipos de comandos que se usaron para obtener los datos de latitud, longitud, número de satélites (que nos ayudan a ubicar el móvil), curso, velocidad de desplazamiento y modo de navegación son \$PLWRP, \$PLWRQ y \$PLWRS. Estos se explican a continuación.

\$PLWRP, éste comando se envía del MEC hacia el receptor GPS; el GPS regresa la lectura más reciente almacenada de latitud y longitud.

Comando	\$PLWRP	6
E.O.M. terminador	CR LF	2
	total bytes	8

La respuesta del GPS hacia el MEC es:

Comando		\$PLWRE,	7
campo1	tiempo UTC	HHMMSS.XXXXXX,	14
campo2	fecha	DDMMYY,	7
campo3	latitud	DDMM.MMM,	9
campo4	rumbo de latitud	N o S,	2
campo5	longitud	DDDMM.MMM,	10
campo6	rumbo de longitud	E o W	1
E.O.M. terminador	fin de mensaje	CR LF	2
	total de bytes		52

\$PLWRQ, éste comando lo envía el MEC hacia el receptor GPS; el GPS regresa los datos almacenados más recientes de velocidad y curso respecto al norte geográfico.

Comando	\$PLWRQ	6
E.O.M terminador	CR LF	2
	total de bytes	8

La respuesta del receptor GPS hacia el MEC es:

Comando		\$PLWRF,	7
campo1	tiempo UTC	HHMMSS.XXXXXX,	14
campo2	fecha	DDMMYY,	7
campo3	velocidad	XXXX.X,	6
campo4	unidades	NM,	3
campo5	curso	XXX	3
E.O.M. terminador	fin de mensaje	CR LF	2
	total de bytes		42

\$PLWRS, éste comando es enviado del MEC hacia el receptor GPS; el GPS regresa los datos almacenados más recientes del estado del receptor ("status word").

Comando	\$PLWRS	6
E.O.M. terminador	CR LF	2
	total de bytes	8

La respuesta del receptor GPS hacia el MEC es:

Comando		\$PLWRH,	7
campo1	tiempo UTC	HHMMSS.XXXXXX,	14
campo2	fecha	DDMMYY,	7
campo3	estado GPS	XXXX	4
E.O.M. terminador	fin de mensaje	CR LF	2
	total de bytes		34

La respuesta de éste comando (\$PLWRH) entrega el estado del GPS en una secuencia de 4 bytes, los cuales se encuentran en código ASCII y son operados en forma binaria.

La palabra de estado del receptor GPS se indica de acuerdo a los siguientes bits:

bit 0 Altitud aceptable, 1 lógico indica que la altitud se congeló para mediciones que son aceptables, lo cual indica que se encuentra en modo de navegación.

bit 1 Altitud usada, 1 lógico indica que la medición de altitud se congeló y las mediciones pueden ser usadas para el modo de navegación.

bit 2 Habilita el modo congelado de altitud.

bit 3 Modo de navegación, 1 lógico indica que el receptor GPS se encuentra en modo de navegación NAV (tres o más satélites lo ayudan a ubicarlo); 0 lógico indica que se encuentra en modo de adquisición (ACQ).

bits 4-6 Es un valor entero entre 0 y 5, que indica el número de satélites que han sido incorporados a las mediciones.

bit 7 Reservado.

bits 8-11 Es un valor entero que indica el factor de calidad en las mediciones, el cual se estima por la posición del error, donde: un valor de 1 es bueno, de 2 a 4 es aceptable, de 5 a 8 no es aceptable y 9 al igual que cero es un factor de calidad malo.

bits 12-14 Es un valor entero entre 0 y 5, que indica el número de satélites del canal secundario que están ayudando a recolectar datos mientras se encuentra en modo de navegación. Un valor de 0 indica que el canal asignado no está siendo utilizado.

bit 15 Reservado.

2.3.2 Comunicación *half duplex* entre el MEC y receptor GPS

La interfaz usada por el receptor GPS conforme a la comunicación estándar serial NMEA 183, tiene su modo de operación a 4800 bauds, 8 bits de datos (formato ASCII), sin paridad y 1 bit de "stop".

Esta interfaz es asíncrona capaz de mandar y recibir datos al mismo tiempo (sólo se requiere que los comandos transmitidos al receptor GPS no sean tan rápidos como uno por segundo). Esta línea requiere de una impedancia de 50 Ω .

Para cumplir con los estándares de NMEA 183 se estableció que la comunicación sea "half duplex" entre el receptor GPS y el MEC, además de que las características para polarizar el receptor GPS fuesen como lo muestra la figura 2.1.

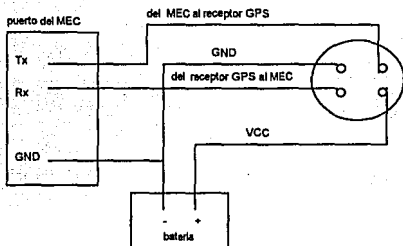


Figura 2.1 Comunicación serial entre receptor GPS Y MEC

Las especificaciones del receptor GPS son:

Voltaje de entrada de 9 a 15 Volts DC.

Corriente menor de 300 mA (estado de espera) y no mayor de 1 amp.

Corriente nominal y voltaje 150 mA @ 13.5 VDC.

2.4 Descripción general de la electrónica

El módulo electrónico de control está formado por un microcontrolador 8051 de Intel y electrónica adicional para conformar la arquitectura de una microcomputadora capaz de realizar las tareas que se muestran en el diagrama de bloques de la figura 2.2. En la figura se distinguen cuatro bloques: Procesador, Comunicación GPS, vigilancia y radio enlace. Por sus características el programa interno del microcontrolador se grabó en EPROM, lo que permitió realizar varias pruebas de depuración para entonces llegar a una versión final.

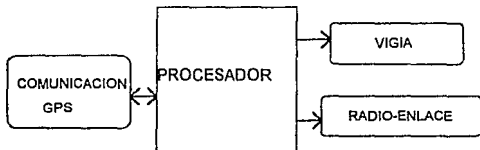


Figura 2.2 Diagrama de bloques del MEC

Procesador

El procesador se seleccionó con la intención de realizar electrónica de bajo costo y eficiente por tal razón se incluyó el 8051, que es un microcontrolador en un solo circuito integrado, es decir, se trata de un microprocesador que incorpora en la misma pastilla recursos computacionales como son:

- CPU de 8 bits.
- Capacidad de procesamiento booleano (lógica de bit).
- Puerto paralelo bidireccional de 8 bits, direccionable por bit.
- Puerto serial "Full Duplex".
- Dos temporizadores/contadores de eventos.
- 5 vectores de interrupción con 2 niveles de prioridad.
- Oscilador de reloj integrado.
- 128 bytes de RAM interna.
- Memoria programable EPROM de 4K*8.
- Espacio de memoria de programa externa de 64 K.
- Espacio de memoria de datos externa de 64 K.
- Ejecución de la mayoría de las instrucciones en 1 μ s.

En la memoria de sólo lectura (EPROM) se almacena el programa, el cual lleva un algoritmo de control para realizar la comunicación entre MEC, receptor GPS y radio, además de controlar el flujo de datos; mientras que la memoria de lectura/escritura (RAM) sirve para almacenar los datos relevantes temporales de los procesos. La descripción del patigrama, funciones y juego de instrucciones del procesador se pueden consultar en la referencia 1.

Comunicación

El objeto de este módulo es soportar las comunicaciones entre el módulo electrónico de control y receptor GPS. El MEC tiene un puerto serial RS232, para poder comunicarse con el receptor GPS, la comunicación se realiza con un protocolo serial de envío-reconocimiento. Una vez que el receptor GPS reconoce un comando de petición de información, se inicia el flujo de información en la dirección contraria, generándose así el acuse de recibo de datos enviados por el receptor GPS. Si esta validación no es satisfactoria se realiza nuevamente el

envío-reconocimiento. Los datos que se reciben del receptor GPS indican posición (latitud y longitud), velocidad de la unidad móvil que se está monitoreando, curso respecto al norte geográfico, número de satélites que ayudan a describir la posición del móvil y modo de navegación (NAV/ACQ). El modo NAV nos indica que el receptor GPS se encuentra a la vista de tres o más satélites y modo ACQ nos indica que está en espera de converger.

Vigla

Este módulo sirve para visualizar las operaciones del procesador y se basa en dos leds, uno indica que el sistema se encuentra encendido y otro se encuentra constantemente destellando con la finalidad de indicar que el sistema interactúa con los módulos GPS, MEC y radio enlace. Cada vez que ocurre un envío de datos a través del equipo de radio, este segundo led permanece un instante encendido; además se tiene un botón (s1) de prueba que permite enviar los datos que se encuentran almacenados en la memoria RAM del microcontrolador; al momento de ser activado produce el mismo efecto que cuando se envían datos automáticamente.

Radio-enlace

Esta etapa permite enviar datos en modulación FSK y banda base. La comunicación con el equipo de radio se realiza con 8 bits de datos, sin paridad, 300 bauds, 2 bits de "stop", modulación FSK, modo "simplex" (solo en dirección de la unidad móvil hacia el PCM). La comunicación en banda base se usa para pruebas con una computadora.

2.5 Manejo de datos recibidos del receptor GPS

Los datos que entrega el receptor GPS describen la ubicación geográfica y comportamiento de la unidad móvil que está en monitoreo; los datos son: latitud longitud, velocidad, curso, modo de navegación y número de satélites, los cuales se procesan para ser enviados vía radio (MEC RADIO) hacia el puesto central de monitoreo, por ello se mencionan las tareas que realiza el MEC para procesar la información.

2.5.1 Procesamiento de datos en el MEC

Como ya se ha mencionado, una de las metas en el diseño del módulo electrónico de control fue desarrollar electrónica mínima, por lo que la programación del MEC se encarga de realizar la mayoría de las tareas; por esta razón el MEC es capaz de realizar las tareas mostradas en el diagrama de flujo de la figura 2.3.

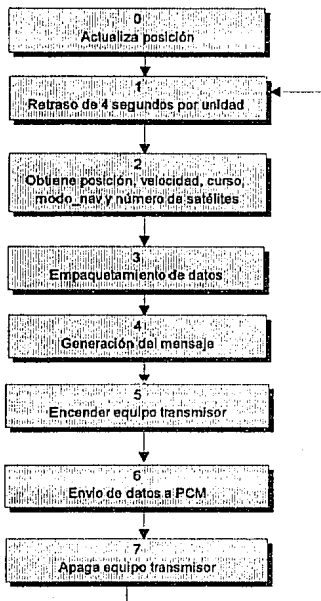


Figura 2.3 Diagrama de flujo de las tareas realizadas por el MEC

En seguida se describe brevemente cada uno de los bloques indicados en la figura 2.3.

Bloque 0 Se envía una latitud y longitud inicial que permita tener (al encender el sistema) una referencia aproximada de la zona de estudio.

Bloque 1 Utilizado para evitar que se tengan 2 unidades móviles enviando datos al mismo tiempo, por lo que la unidad 1 retarda 4 segundos su envío de datos y la unidad 2 lo hará 8 segundos; y así para todas las unidades móviles, además del tiempo de petición/respuesta del comando.

Bloque 2 Se establece la comunicación "half duplex" entre el MEC y receptor GPS, obteniendo las coordenadas de posición (latitud y longitud), velocidad del móvil, curso respecto al norte geográfico, modo de navegación y número de satélites que ayudan a ubicarlo.

Bloque 3 Minimiza la cantidad de información hacia el PCM, garantizando mayor velocidad en el flujo de datos y más eficiencia en el sistema, reduciendo así los errores.

Bloque 4 El mensaje es ordenado de acuerdo a un protocolo, el cual se detallará en el siguiente capítulo; los datos que lleva son un identificador, número de unidad móvil, bytes a enviar, indicador de alimentación y paquete de datos.

Bloque 5 Los datos se modulan en FSK de acuerdo a una señal portadora en banda UHF donde se habilita la línea de control para encender el equipo transmisor.

Bloque 6 y 7 El mensaje se transmite por radio hacia el PCM y una vez efectuada la transmisión se envía una señal de control que deshabilita la señal ENC del radio.

Debido a que durante las pruebas realizadas se compartió el mismo canal de frecuencia con una red operativa en el D.F., las unidades móviles del sistema

desarrollado tuvieron identificadores del número 16 en adelante, siendo así por ejemplo que para el móvil 16 se enviaron datos cada 70 segundos.

Retraso	16*4	64 s.
Petición/Comando		6 s.
Tiempo de envío		70 s.

El retraso que se tiene por la distancia del móvil hacia el PCM se puede despreciar ya que los tiempos usados para el envío de señales por el canal son bastante pequeños, esto quiere decir que para cualquier unidad móvil se estará enviando información cada $E_{inf} = (\text{Retraso} * \text{Numero de móvil}) + 6$ segundos. Durante las pruebas se decidió que el MEC sólo operara en modo simplex hacia el PCM para eliminar tiempos de respuesta al procesar los datos en el PCM y así minimizar colisiones que puedan existir entre dos o más móviles que envíen simultáneamente datos. El protocolo considera una población finita de usuarios que transmitan paquetes de información cada T segundos.

2.5.2 Empaquetamiento de datos

El empaquetamiento se utilizó para incrementar la capacidad de almacenamiento de datos, lo que significa compactar información en un espacio más pequeño que el utilizado normalmente, también se utiliza para ahorrar tiempo de transferencia (especialmente en líneas telefónicas y radio), así como para proporcionar un nivel de seguridad en la información.

Tipos de códigos de empaquetamiento de datos

De los métodos más tradicionales existen dos tipos básicos: sustitución y transposición y un tercero para sistemas digitales que consiste en la manipulación de bits [11].

Codificado por manipulación de bits

El método de codificación usado permite la manipulación de los bits que componen los caracteres de información (la información que se puede leer) a

información codificado (la información en la versión codificada), alterando el patrón de bits real de cada carácter utilizando una o más veces los operadores lógicos: AND, OR, XOR y Complemento a 1. El método de codificación utilizado maneja dos caracteres en un byte.

2.6 Tipos de modulación utilizada

Algunas de las técnicas de modulación que se usan para señales digitales (codificadas por pulsos) y analógicas, requieren formas básicas para modular una portadora senoidal ya sea variando su amplitud, frecuencia o fase. En nuestro caso se usan señales en banda base como fuente de modulación, manipulando por encendido y apagado ("*On-Off-Keyed*") la información digital y modulación por desplazamiento en frecuencia (FSK) [13].

2.7 Emulación de puerto serie

Debido a que la comunicación que se necesita entre el MEC y radio es serial asíncrona, se habilitaron líneas de control para transmitir y recibir datos con el MEC; las características topológicas de los dos puertos seriales usados son las siguientes:

Características topológicas

Comunicación	tipo de conexión	medio de transmisión	modo de transmisión
MEC-GPS	canal de transmisión	" <i>Modem Null</i> "	" <i>Half Duplex</i> "
MEC-RADIO	canal de transmisión	Vía Radio	" <i>Simplex</i> "

MEC y GPS El puerto serie se programó para operar a 4800 bauds, 8 bits de datos, sin paridad, un bit de "*stop*" y modulación banda base.

MEC y RADIO Se desarrollaron funciones para operar a 300 bauds, 8 bits de datos, sin paridad, 2 bits de "*stop*", modulación FSK, emulando por programación

la comunicación serial asíncrona, además de modulación banda base para pruebas con la computadora.

Para verificar y asegurar que todo el código ASCII se envíe y reciba correctamente, con el segundo puerto desarrollado se comunicó el MEC con una computadora y paquetes de comunicación (PROCOMM y TELIX), los cuales permiten enviar y recibir datos seriales logrando con ello asegurar que los dos puertos funcionen correctamente al transmitir y recibir todos los caracteres del código ASCII. Para el acoplo de niveles TTL entre el MEC y la computadora, se incluyó el integrado MAX232 el cual permite convertir las señales TTL a RS232 y viceversa. Esta electrónica se muestra en la figura 2.4A.

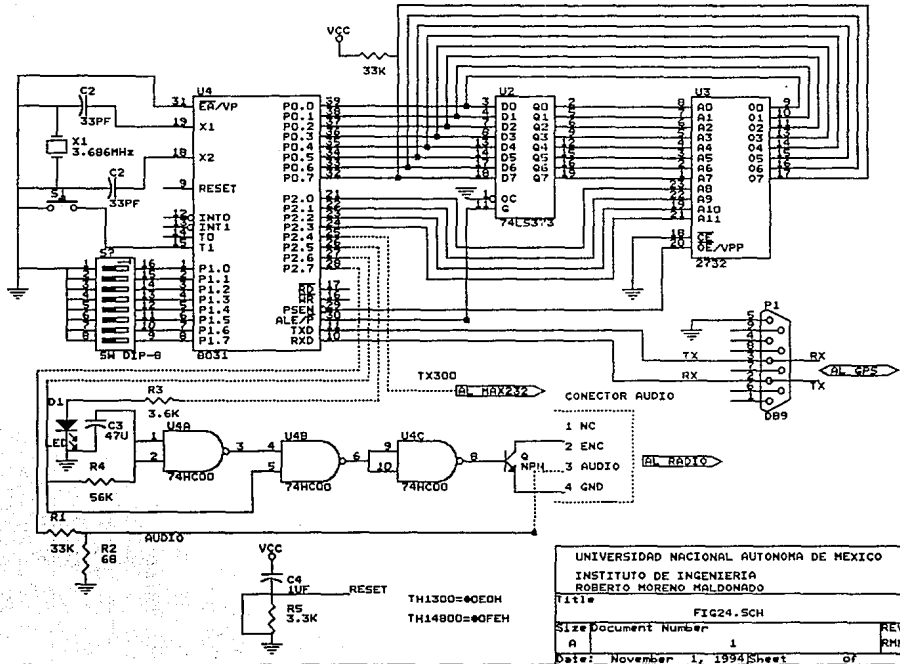
2.8 Descripción de la tarjeta diseñada

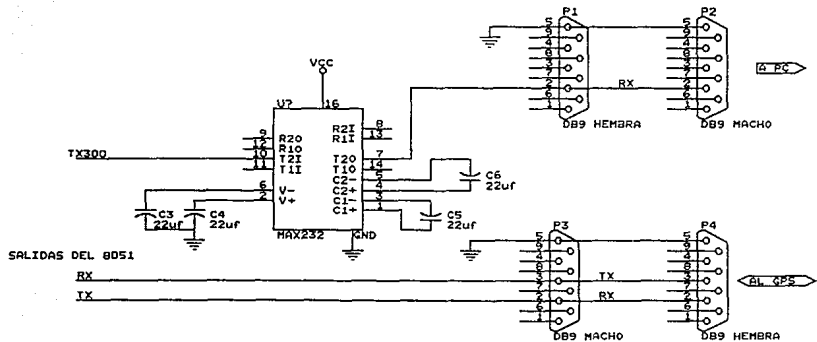
Para desarrollar el "Hardware" de electrónica mínima, eficiente y de bajo costo como el que se muestra en la figura 2.4, se integró al diseño el microcontrolador 8051 de la familia Intel. El 8051 cumplió con los objetivos que se necesitaban para el diseño del "Hardware", además de que la etapa de "Software" se facilitó por el manejo de operaciones booleanas.

Para desarrollar esta tarjeta se utilizaron paquetes de computadora como ORCAD, el cual permite generar el diagrama electrónico de componentes y el paquete TANGO, que permite generar las capas de componentes, soldadura, referencias y antisoldado del circuito impreso sobre el que se montan los componentes. En la figura 2.4 se observa el diagrama electrónico de la tarjeta elaborada con ORCAD.

En el siguiente capítulo se presenta el envío de datos a través de equipo de radio hacia el PCM y el protocolo de comunicación empleado.

RESISTENCIAS DE PULL UP DE 33 K





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 INSTITUTO DE INGENIERIA
 ROBERTO MORENO MALDONADO

Title

FIG24A.SCH

Size Document Number

A

2

REV

RHM

Date: November 2, 1994 Sheet

2 of 2

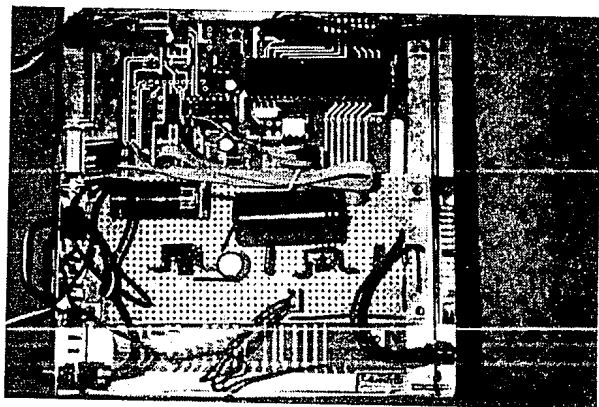


Figura 2.5 Módulo electrónico de control desarrollado

RADIOENLACES DE COMUNICACIÓN ENTRE OBJETOS MÓVILES Y EL PUESTO CENTRAL DE MONITOREO (PCM), ASÍ COMO EL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

3.1 Introducción

Para integrar el sistema de radio-localización como el aquí expuesto se necesitó de tecnologías como: equipos de comunicación con satélites, radios, antenas, módems, así como electrónica personalizada. El acoplamiento de estas señales permite establecer la comunicación por medio de ondas de radio desde la unidad móvil hacia el PCM, por ello es necesario describir los componentes que forman el sistema de comunicación empleado.

3.2 Sistema de comunicación

En la figura 3.1 se muestra el modelo de comunicación entre un móvil y el PCM. Todos los sistemas para transmisión de información contienen de manera invariable tres subsistemas principales: el transmisor, el canal y el receptor [12].

Para elegir el sistema de transmisión se consideró que se contaba con una red operativa que permite el uso de una frecuencia de UHF para el envío de datos del MEC al PCM.

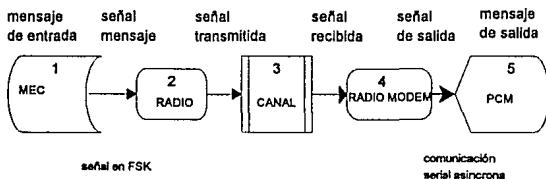


Figura 3.1 Diagrama de bloques del sistema de comunicación desarrollado.

En esta sección se describirán, cada uno de los bloques de la figura 3.1.

El bloque de transmisión lo forma el MEC y radio, donde la información a transmitir en el MEC se modula en FSK y se envía vía radio hacia el canal.

El canal lo forma el espacio libre aéreo que existe entre la antena transmisora de radio del móvil y la antena receptora del PCM.

El bloque de recepción lo forma el equipo de decodificación del PCM (radio módem), que permite extraer la señal deseada del canal y procesarla de forma digital con la computadora del PCM.

Para llevar a cabo este enlace de comunicación se requiere tener equipo instalado tanto en la unidad móvil como en el PCM.

Equipo instalado en la unidad móvil.

- Receptor GPS.
- MEC con un identificador de unidad único, programable por medio de microinterruptores.

- Transmisor de radio en banda UHF.
- Antena.

Por otro lado, el PCM cuenta con el siguiente equipo:

- Antena.
- Receptor de radiofrecuencia.
- Demodulador FSK de audio.
- Computadora bajo MSDOS, 1 Mb RAM y monitor VGA de preferencia de color.

3.3 Envío de datos vía radio al PCM

Para utilizar el radioenlace se necesitan controlar señales del radio como: el encendido (ENC), el cual habilita el radio transmisor para enviar datos y la señal de AUDIO, que es la línea de entrada de datos modulados en FM.

La salida *AUDIO*, es una onda cuadrada operando a frecuencias de 1800 Hz (0 lógico) y 2400 Hz (1 Lógico), en la figura 3.2 se observa la forma de onda para el cero y uno lógicos, con una frecuencia central de 2100 Hz. La señal *AUDIO* es generada en el MEC y con ella se modula en FSK la información a enviar por el radio transmisor.

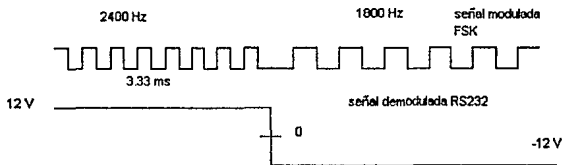


Figura 3.2 Especificación del mensaje

En la figura 3.3 se muestra como se comunica el MEC con el radio transmisor.

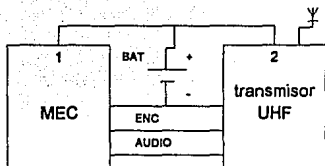


Figura 3.3 Envío de datos del MEC hacia el PCM

Las características de radio enlace en la unidad móvil son la siguientes:

Mensaje: Modulación FSK [1800-2400 Hz].
300 bits por segundo.
Formato asíncrono.
Código ASCII.

Transmisor UHF

Potencia de salida 25 Watts.
Modulación FM 422.0875 MHz.

Por otro parte el PCM utiliza un equipo decodificador de mensaje y una computadora para la recepción de información que envían las unidades móviles.

3.4 Equipo de decodificación del PCM

El equipo de decodificación del PCM se encarga de acoplar las señales con la computadora para la emisión o recepción de mensajes.

La interfaz básica del equipo de decodificación se acopla con la computadora y se realiza a través de tres señales "XMIT" (Tx), "RCV" (Rx) y "RTS", como se observa en la figura 3.4

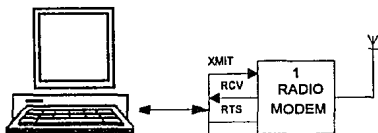


Figura 3.4 computadora con interfaz serie RS232

En el apéndice A se describen cada una de las líneas del puerto serial para dos tipos de conectores, debido a que en algunas computadoras se requiere un convertidor de conector DB9 a DB25.

El otro lado del equipo de decodificación se conecta a la antena por medio de un cable coaxial de 50Ω , del tipo RG-8 o RG-58.

El equipo de decodificación del PCM se comunica como se muestra en la figura 3.5

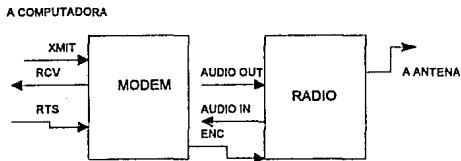


Figura 3.5 Equipo de decodificación

El radio es el encargado de demodular la señal FSK en las frecuencias de 1800 y 2400 Hz y generar a la salida del módem la señal digital.

3.4.1 Radio transmisor de UHF

El radio utilizado tiene modulación FM y potencia de salida de 25 Watts. A pesar de no ser un radio diseñado para transmisión de datos, su adaptación para tal fin resulta sumamente sencilla.

Además se tiene conectada una bocina de 8Ω a la entrada del demodulador y de esta forma es posible escuchar cuando se recibe un mensaje y si está o no está libre de interferencia.

Controles manuales del radio

El radio tiene en su panel frontal los controles de "ON/OFF", volumen, encendido y apagado manual y el volumen de salida de audio. Por otro lado, el control "SQUELCH" fija un umbral al nivel de la señal recibida de la antena. Si la señal llega con un nivel mayor al umbral, se habilita la salida de audio del receptor; si la señal recibida de la antena tiene un nivel menor al umbral, el audio del receptor queda inhibido. Este mecanismo elimina ruidos indeseables cuando no existe ningún mensaje real a escucharse. El radio usado en el móvil tiene las mismas características del radio del PCM.

3.4.2 Módem asíncrono

Este módem opera en modo "half dúplex" a 300 bauds y es el encargado de comunicarse con la computadora a través de sus señales de comunicación por puerto serial de acuerdo al estándar RS232.

Las características del módem utilizado son: recepción asíncrona a una velocidad de 300 bauds (modo "half duplex").

Como se puede apreciar en la figura 3.5, la interfaz con el radio maneja tres señales: *AUDIO IN*, *AUDIO OUT* y *ENC*.

La señal *AUDIO OUT* se encuentra ya modulada y va hacia el radio para ser transmitida.

AUDIO IN es la señal proveniente del radio y entra al módem para su demodulación.

La señal **ENC** enciende el radio y es generada por la computadora.

3.4.3 Antena

Las antenas utilizadas son de dos tipos:

Una, que está montada en la unidad móvil, es de tipo comercial para equipos receptores de radio FM, sus características son: omnidireccional con ganancia de 3 dB.

La otra antena es la del PCM, de polarización horizontal como las tipo yagui o logarítmica, también de uso comercial como las utilizadas en los receptores de TV.

En la figura 3.6 se muestra el formato de transmisión de la unidad móvil . El protocolo de comunicación respeta la misma estructura tanto en el móvil como en el PCM.

3.5 Protocolo de comunicación

El protocolo de comunicación garantiza que la información lleve un formato que pueda reconocerse tanto en las unidades móviles como en el PCM.

En seguida se describe de forma detallada el contenido del mensaje que transita entre MEC y PCM.

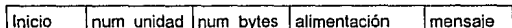


Figura 3.6 Estructura general de los mensajes.

El primer byte contiene un identificador de inicio de mensaje.

NUM-UNIDAD. Define el número de unidad móvil, es un carácter ASCII hexadecimal, es decir $\text{NUM-UNIDAD} = \{00\text{-FF}\}$, lo que da la posibilidad de manejar 256 unidades móviles. A pesar de lo anterior, se ha limitado el intervalo de número de unidad, ya que la red utilizada para validar el prototipo desarrollado en esta tesis utiliza identificadores de 0 a 15 y por tanto los números asignados a nuestro sistema son del móvil 16 al 255 empleando una sola frecuencia de operación para la totalidad de unidades móviles.

NUM-BYTES. Número de datos que son transmitidos.

ALIMENTACION. Indicador de polarización al MEC, batería.

MENSAJE. Contenido del mensaje, la información se transmite codificada.

DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA CON EL USUARIO BASADA EN EL USO DE MAPAS DIGITALES.

4.1 Introducción

La interfaz gráfica utiliza mapas digitales que muestran detalles topográficos de la zona donde se realiza el monitoreo de las unidades móviles. Las imágenes se georeferenciaron respecto a los ejes de latitud y longitud, de tal forma que el Campus Universitario se dividió en dos zonas: norte y sur; en ambas imágenes digitales se detallaron algunas zonas para tener una mejor resolución como se muestra en las figuras 4.1 y 4.2, además de que se adicionaron colores, para diferenciar los circuitos exterior, interior, así como edificios, parques, etcétera.

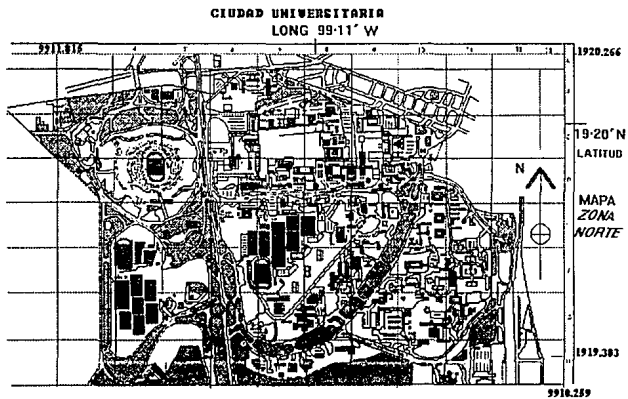


Figura 4.1 Mapa correspondiente a la zona norte de Ciudad Universitaria

CIUDAD UNIVERSITARIA
ZONA SUR

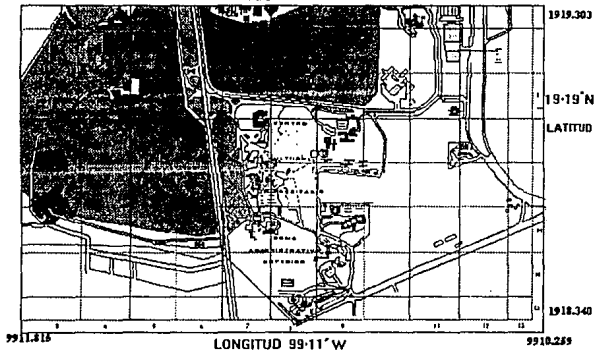


Figura 4.2 Mapa correspondiente a la zona sur de Ciudad Universitaria

Una vez digitalizados los mapas de bits se desarrollaron funciones en lenguaje C que permiten visualizar las imágenes digitales en un monitor VGA a color con una resolución de 640 * 480 pixeles. También se elaboraron programas para mostrar los datos de la unidad móvil en monitoreo, así como su ubicación en el mapa mediante una intersección en las coordenadas de sus ejes (latitud y longitud) de acuerdo a la conversión de las coordenadas de milésimas de grado a pixeles.

4.2 Despliegue de imágenes digitales

Como la imagen digital se encuentra en un archivo de mapa de bits y su tamaño es de 640*480 pixeles, las rutinas desarrolladas tienen la capacidad de desplegar imágenes con resolución VGA y sobre ellas en modo gráfico representar datos de alguna unidad móvil.

Para mostrar el mapa sobre el monitor, el primer paso consiste en abrir el archivo; el puntero f1 es el manipulador de archivo asignado al archivo de disco correspondiente por medio de la función "fopen" del ANSI de C.

```
FILE *f1=fopen(nombre_archivo, "rb");
```

El siguiente paso consiste en obtener el tamaño de la imagen (X dimensión, Y dimensión) a partir de sus propios datos, esto nos lleva a leer datos tipo "char" y tratarlos con funciones OR para crear un entero sin signo.

```
Xdimensión=fgetc(f1) | (fgetc(f1) < 8);
```

```
Ydimensión=fgetc(f1) | (fgetc(f1) < 8);
```

Con los dos valores de tamaño de la imagen, la función "imagesize" devuelve la dimensión.

```
Dimensión = imagesize(0, 0, Xdimensión, Ydimensión);
```

Conocida la dimensión, la función "malloc" reserva la memoria necesaria para desplegar la imagen.

Imagentemp = malloc(Dimensión);

Hecho esto se utiliza la función "fread", la cual va a la dirección puntero de "Imagentemp" para obtener bloques de datos de 640 bytes del archivo.

fread (Imagentemp, Dimensión, 1, fp);

Los datos se envían al video controlando el barrido de renglones cada 640 bytes, utilizando la función "fread" hasta leer todo el archivo de mapas de bits .

Por ultimo se utiliza la función fclose la cual cierra el archivo, devolviendo a la función de llamada el puntero de Imagentemp.

fclose (f1);

return (Imagentemp);

4.3 Manipulación del color

El sistema de color EGA/VGA permite crear valores específicos de color con solo manipular las combinaciones de los tres indicadores primario y secundario de cada cañón (azul, verde, rojo), así como su nivel de intensidad, con un total de 16 colores [13].

La manipulación directa de los colores se efectúa a nivel de bit. En la memoria de pantalla se almacenan cuatro imágenes gráficas (planos de bits) distintas, se leen simultáneamente los bits de los cuatro planos de bits y se suman para determinar cual de los 16 colores disponibles debe visualizarse en ese lugar de la pantalla; dado que cada plano de bits puede mostrar un valor 0 o 1 en un lugar de la pantalla. Al unir los cuatro planos de bits tenemos un color de la paleta entre 00H y 0FH, de esta forma es factible la construcción de un color específico.

Para llevar el control de la paleta como una estructura de paleta de colores, se define el tipo de estructura "palette" como:

`struct palette_t palette;`

La estructura permite cambiar un pixel en la pantalla ya que se asigna el nuevo valor al elemento adecuado de la paleta. Esta acción actualiza el siguiente ciclo de barrido independientemente de las operaciones de la ventana o de la página de vídeo activa.

La velocidad de cambio permite obtener efectos sobre las imágenes, como son el cambio de colores sobre una misma imagen, ya que definiendo varias paletas en forma de un arreglo de tipo paleta, como ejemplo "`struct palette_t palette[15]`" declara un arreglo de 16 paletas numeradas de 0 a 15. Estas paletas de colores se utilizan para guardar cualquier arreglo de colores deseados, al igual que representarlos sobre el monitor.

SUPERVISIÓN DE LA UNIDAD MÓVIL DE PRUEBA DESDE EL PUESTO CENTRAL DE MONITOREO.

5.1 Introducción

En este capítulo se presentan las tareas que realiza el puesto central de monitoreo (PCM) para supervisar unidades móviles. La comunicación se realiza en modo "simplex" (en una dirección) desde alguna unidad móvil mediante el uso de radio transmisores hacia el PCM. Por ello el PCM siempre está preparado para recibir bloques de datos de alguna unidad móvil que cuente con el equipo de comunicación instalado. Estos bloques de datos son los mensajes a decodificar y cumplen con el formato especificado en la figura 3.6.

El puesto central de monitoreo utiliza una computadora tipo PC con monitor VGA color para la representación de las imágenes digitales, en ella se procesa la información recolectada de las unidades móviles, figura 5.1.

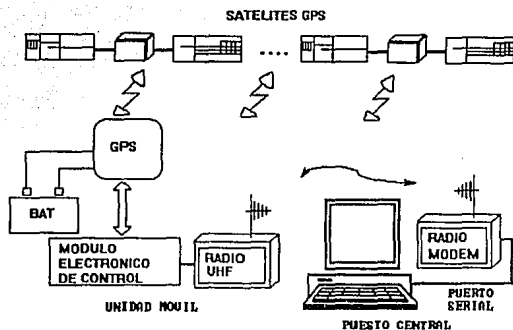
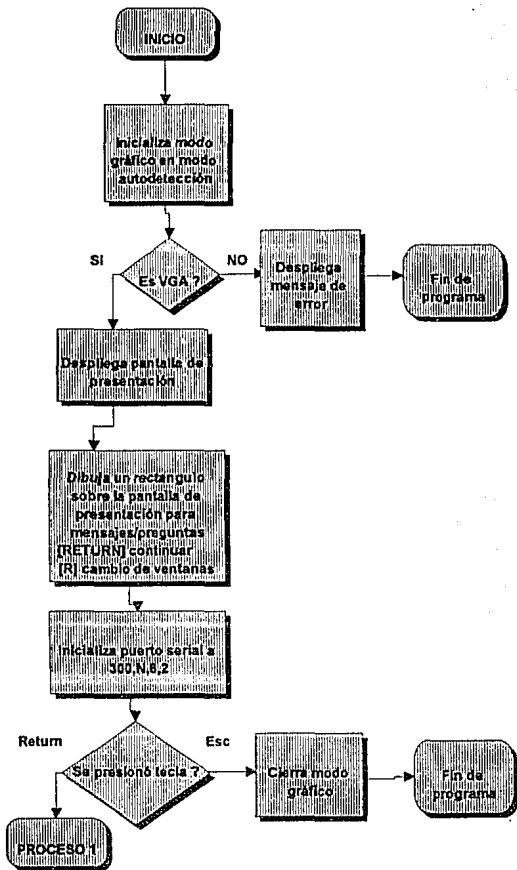
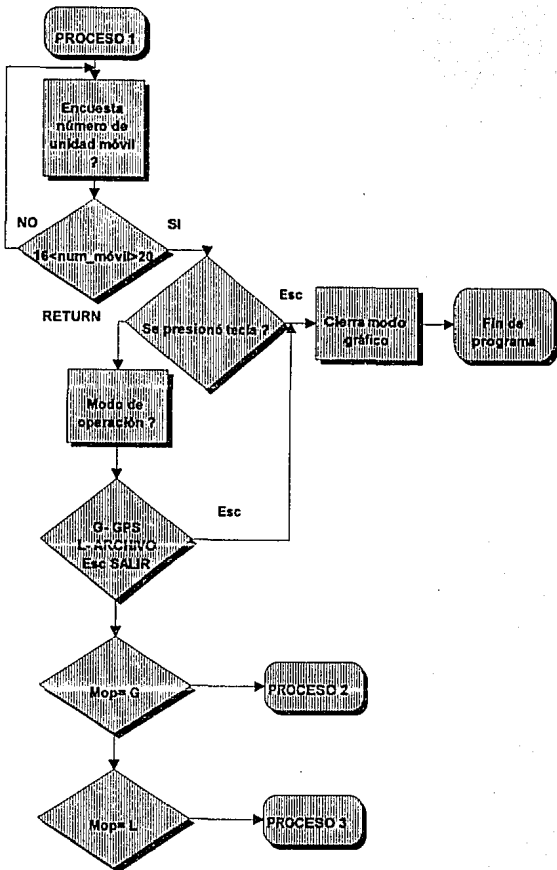


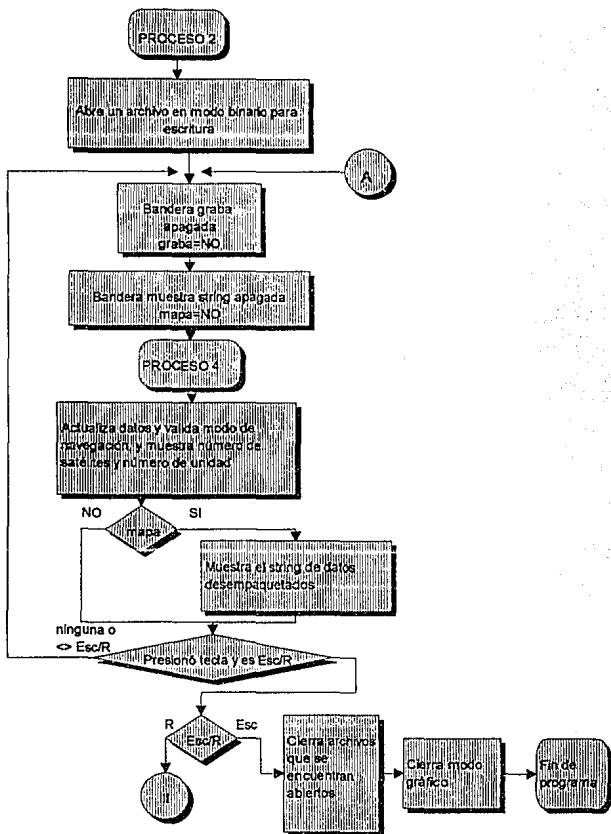
Figura 5.1 Instrumentación entre una unidad móvil y el PCM.

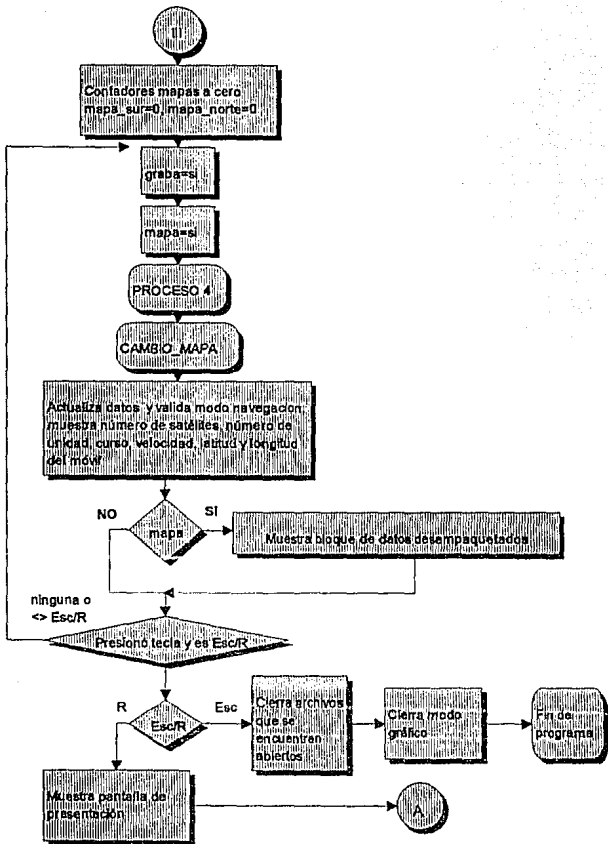
5.2 Operación del puesto central de monitoreo

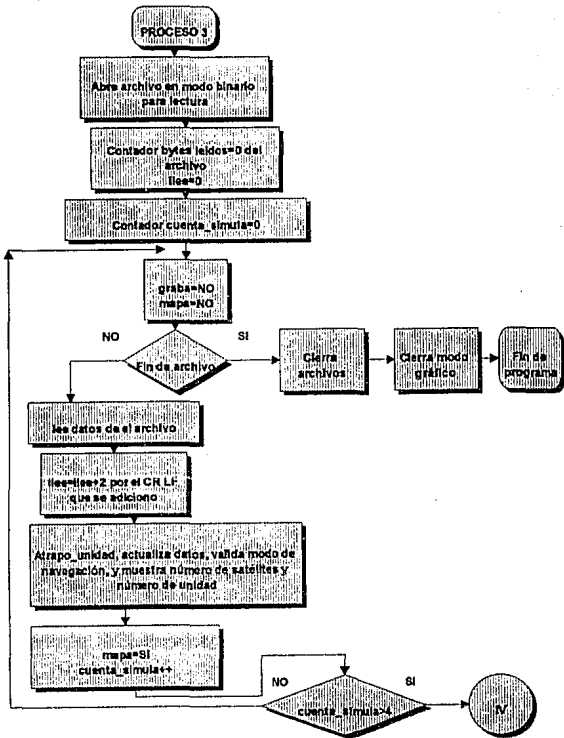
Debido a que el sistema desarrollado contiene múltiples variantes, se prefiere describir sus diversas etapas de funcionamiento con la ayuda de diagramas de flujo, en ellos se detalla cada aspecto del sistema elaborado para la presente tesis.

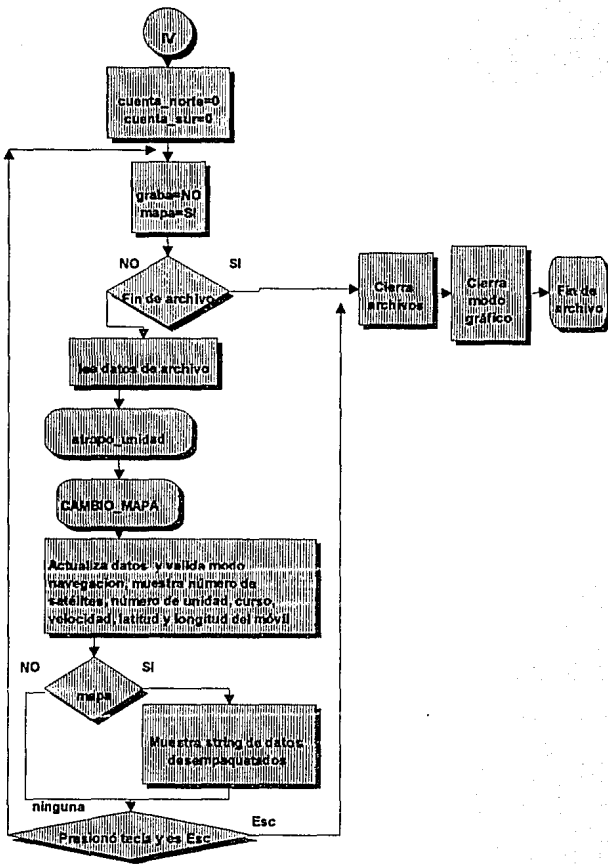


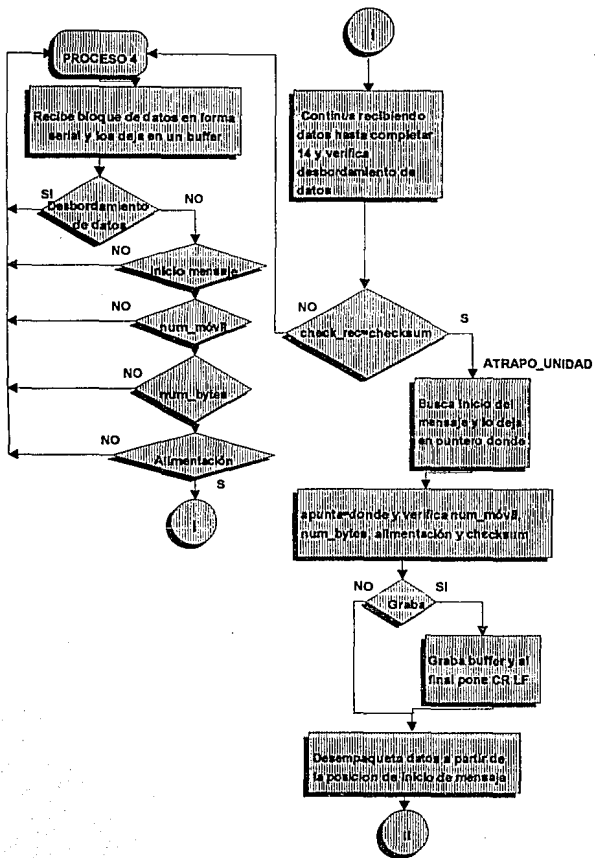


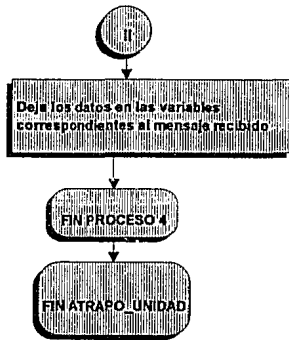


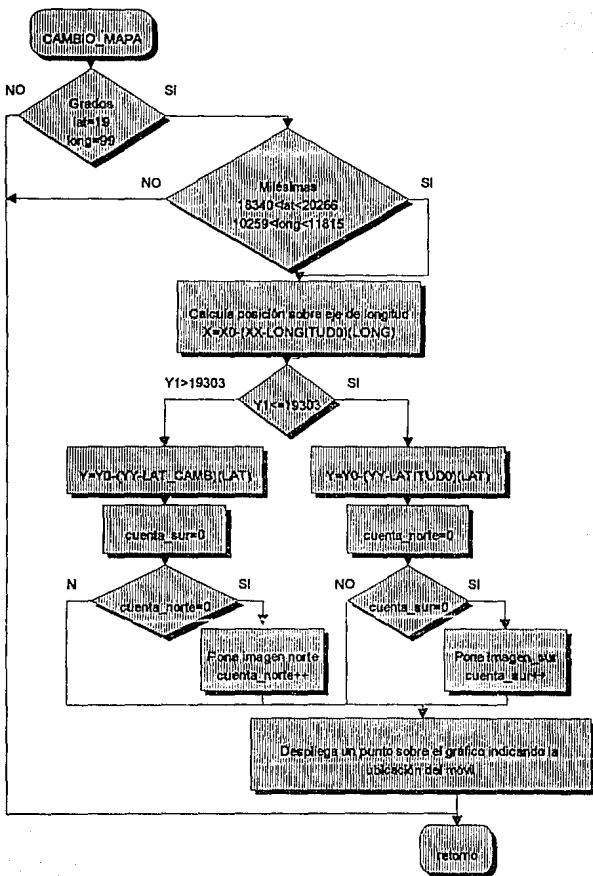












5.3 Modos de operación del paquete de programas desarrollado para el PCM.

En el puesto central de monitoreo se tienen dos modos independientes de operación, uno en modo de seguimiento en tiempo real, que permite supervisar alguna unidad móvil y al mismo tiempo almacenar en un archivo los datos de toda la trayectoria; el segundo es un modo de reproducción de seguimiento de unidad(es) móvil(es), el cual permite reconstruir todo un recorrido de alguna unidad móvil, esto con la finalidad de llevar una bitácora de control de unidades móviles.

5.4 Representación de unidad(es) móvil(es) en monitoreo sobre mapas digitales.

Al tener mapas digitales (cartografía del Campus Universitario zona norte y sur) se necesitó relacionar los minutos y milésimas de minuto de latitud y longitud a su equivalente en pixeles para la representación gráfica de móviles en la pantalla de la computadora.

La zona de pruebas se encuentra acotada en la esquina superior izquierda (99°11'.815 W, 19 20'.266 N) y en la esquina inferior derecha (99 10'.259 W, 19 ° 18'.340 N). Aunque los datos de latitud y longitud que llegan del móvil sean distintos a la cartografía que se tiene, sólo se muestran datos alfanuméricos de sus coordenadas, no así gráficamente debido a que se trata de vehículos localizados fuera de la zona de estudio. Para representar el móvil dentro del Campus Universitario se realizaron algunas mediciones así como la conversión de minutos y milésimas de grado a pixeles que ayudaron a tener los siguientes datos:

$$X^{\circ} \text{ Long} = 0.519886\text{mils}^{\circ}$$

$$Y^{\circ} \text{ Lat} = 0.65945\text{mils}^{\circ}$$

$$LAT = 0.345742 \text{ Pix/mils}^\circ$$

$$LONG = 0.3346687 \text{ Pix/mils}^\circ$$

Por lo que las coordenadas para la esquina inferior derecha en el mapa de la zona norte son:

$$LATITUD_0 = 18340 \text{mils}^\circ \text{ en el pixel } X_0=574$$
$$\text{y } LONGITUD = 10259 \text{mils}^\circ \text{ en el pixel } Y_0=373$$

Por tanto, para calcular cualquier punto(X, Y) en pixeles sobre los ejes de latitud y longitud dentro del Campus Universitario en la zona norte se tiene:

$$X = X_0 - (xx - LONGITUD_0)(LONG)$$
$$Y = Y_0 - (yy - LATITUD_0)(LAT)$$

Y la representación del móvil en el mapa de la zona sur

$$X = X_0 - (xx - LONGITUD_0)(LONG)$$
$$Y = Y_0 - (yy - LAT_CAMBIO)(LAT)$$
$$LAT_CAMBIO = 19303$$

Donde xx, yy es el valor en milésimas de grado a representar sobre el mapa digital respecto a su coordenada en milésimas de grado de latitud y longitud correspondiente.

En el siguiente capítulo se mencionan algunas de las pruebas realizadas para la integración del sistema desarrollado.

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DENTRO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO

Para poder llegar a la etapa final de esta tesis fue necesario realizar pruebas de funcionamiento entre cada uno de los módulos que integran el sistema de localización desarrollado. Estos módulos son: receptor GPS, computadora, MEC, equipos de radio y módem.

61. Pruebas de funcionamiento de la electrónica desarrollada (MEC)

Del diagrama electrónico mostrado en la figura 2.4, primeramente se montaron los circuitos integrados U1, U2 y U3 así como sus componentes asociados. Se verifico la operación del oscilador interno mediante la presencia de una señal senoidal (figura 6.1) de 3.6864 MHz en la terminal 19 junto con un programa de prueba para activar y desactivar la salida p1.0. Igualmente se observo la señal ALE, figura 6.2.

Para verificar el funcionamiento correcto de la arquitectura del MEC se realizaron pruebas con el puerto serie del microcontrolador, específicamente se ejecutó un programa de envío de datos por el puerto serie, la señal que se observo se muestra en la figura 6.3.

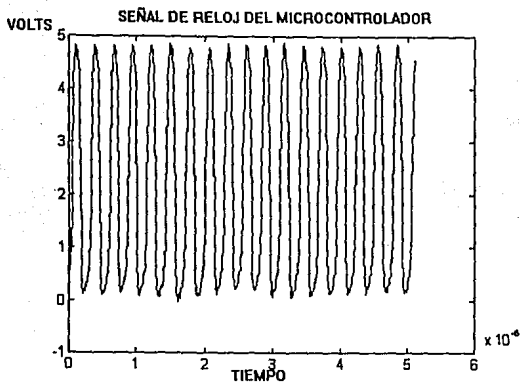


Figura 6.1

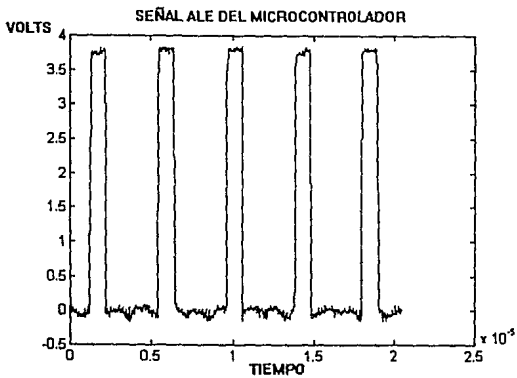


Figura 6.2

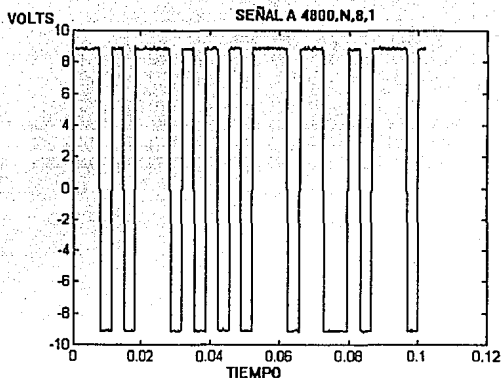


Figura 6.3

6.2 Módulo electrónico de control y computadora

En esta prueba se realizaron las emulaciones de los puertos seriales en forma asincrónica, en cuanto a número de bits, número de datos y bits de stop, utilizados para establecer la comunicación entre la electrónica desarrollada en la unidad móvil y el PCM. Estas rutinas operan con dos puertos seriales a 4800,N,8,1 y 300,N,8,1 baudios en modulación banda base y FSK de acuerdo al juego de instrucciones del microcontrolador [1].

Una vez realizada la transmisión de datos en modo simplex desde el MEC hacia la computadora, se realizaron rutinas que reciben datos desde la computadora, verificando que los caracteres del código ASCII se recibieran correctamente en el MEC.

Para que el MEC funcionara con los dos baudajes usados se conectaron 2 computadoras con el MEC, una conectada en las líneas Tx/Rx de 300 y la otra en Tx/Rx de 4800 (ambas en configuración RS232 "modem null") y enviando datos desde una computadora a 300 baudios y retransmitiendo estos datos desde el MEC hacia la otra computadora a 4800 baudios. Posteriormente en otra prueba se sustituyó una computadora por el receptor GPS.

6.3 Módulo electrónico de control, GPS y computadora

En esta etapa se conectó una computadora y el receptor GPS con la electrónica diseñada (MEC), la interacción entre ambos se realizó con la ayuda de un algoritmo que permite el flujo de comandos desde el receptor GPS hacia el MEC y que retransmite los datos del comando recibido hacia la computadora. Además de poder validar el comando recibido, durante esta prueba se llevo a cabo un recorrido sobre el Campus Universitario con una parte del programa del PCM para reconocimiento de la zona geográfica.

6.4 Módulo electrónico de control, GPS, equipos de radio, módem y computadora

Una ultima prueba fue la integración de todos los módulos que componen el sistema desarrollado: receptor GPS, MEC, radios, antenas, módem y computadora (con el programa de supervisión de unidades móviles) en el PCM.

En esta prueba se integraron los demás componentes de la unidad móvil (MEC, GPS y radio transmisor), para realizar el enlace a través de señales de radio a el PCM, figura 6.4.

Una vez realizado el montaje e instalación de los módulos que integran el sistema de radio enlace entre la unidad móvil y el PCM, el programa del PCM se dejó corriendo en el modo de seguimiento en tiempo real y se realizó un recorrido dentro del Campus Universitario, paralelamente se grabo en un archivo los bloques de datos emitidos desde la unidad móvil hacia la computadora del PCM respetando el protocolo de comunicación ya descrito en el capítulo 3. Una vez finalizado el recorrido se verificaron algunos datos que se tomaron manualmente durante el recorrido en distintas zonas, estos datos básicamente eran la velocidad en Km/Hr tomada del velocímetro de la unidad móvil y la posición geográfica de algún edificio o dependencia del Campus Universitario. Los datos fueron verificados en la computadora del PCM al correr el programa en el modo de reproducción de seguimiento de unidad móvil, esta prueba resulto satisfactoria, culminando así el desarrollo de la presente tesis.

Figura 6.4 Equipo instalado en una unidad móvil



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**71 Introducción**

En los capítulos pasados se ha detallado el diseño, el desarrollo y la construcción de un sistema de localización de unidades móviles a distancia, mediante la utilización de receptores GPS, equipos de radioenfase y electrónica de propósito particular.

En este capítulo se señalan las conclusiones que emanan de la experiencia acumulada y los resultados obtenidos en la presente tesis. Igualmente se mencionan algunas recomendaciones.

7.2 Conclusiones

Del trabajo desarrollado emanan las siguientes conclusiones

1) Para realizar el presente trabajo fue necesario integrar conocimientos de electrónica, comunicaciones y computación. Entre los tópicos específicos requeridos en el proyecto están:

- Propagación de señales.
- Programación en lenguaje ensamblador y manejo de microcontroladores.
- Programación y borrado de memorias EPROM.
- Protocolos.
- Satélites.
- Equipos de radio para transmisión y recepción de datos, así como tipos de modulación de señales.
- Manejo de formatos de mapas de bits para el despliegue de imágenes digitales.
- Trámites legales, licencias, permisos, ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

2) Las imágenes usadas se digitalizaron y permiten tener la referencia geográfica (latitud y longitud), ya que muestran los circuitos del Campus Universitario y áreas importantes con gran definición.

3) La electrónica diseñada ofrece señales de acoplamiento que cumplen con estándares como son: comunicación serial asíncrona, equipos de radio con operación en la banda UHF, el uso de módems y computadoras compatibles con IBM.

4) Se desarrollaron protocolos de comunicaciones flexibles que no imponen restricciones de funcionamiento en el PCM y sobre todo que requieren de una sola frecuencia para poder supervisar las unidades móviles que integran el sistema desarrollado.

5) Se integró un sistema basado en módulos para facilitar la instalación del equipo que se lleva en la unidad móvil, ellos son: receptor GPS, MEC, radio transmisor y antena; al igual que en el PCM (antena, radio transmisor, módem y computadora).

6) Las aplicaciones del sistema desarrollado son muchas, y puede ser usado en flotillas de compañías de seguros, camiones de pasajeros, unidades del servicio blindado, ambulancias, unidades de policía, seguimiento de unidades de auxilio, o en cualquier aplicación que realice la supervisión y localización de móviles a distancia.

7.3 Recomendaciones

Es posible pensar en mejorar el diseño tanto del MEC como del PCM.

a) Se sugiere que el envío de datos por radio tenga la capacidad de enviar mensajes desde el PCM hacia las unidades móviles, es decir tener comunicación "full duplex" entre PCM y unidades móviles.

b) Es recomendable que las unidades móviles tengan la posibilidad de enviar dentro del bloque de datos, mensajes que indiquen algún estado de alarma de la unidad móvil como puede ser: robo, petición de auxilio para el envío de grúas o ambulancias en caso de un accidente.

c) En cuanto al despliegue de imágenes, se sugiere manejarlas con mayor velocidad y con distintos niveles de "zoom".

d) Sería ventajoso utilizar sistemas de telemetría comerciales (teléfono celular, satélite, etcétera) que permitan el acople de señales entre móviles y PCM.

SEÑALES UTILIZADAS EN LA INTERFAZ RS232

El circuito es un cable continuo en el cual existen 25 líneas (esto en un conector DB25) de las cuales menos de la mitad son usadas, así como el estándar utilizado con 9 pins (conector DB9), del cual solo se mencionan las líneas utilizadas para establecer la comunicación.

2 (RD) *"Receive Data"*

Esta línea es la ruta mediante la cual los datos seriales son enviados del DTE (*"Data Terminal Equipment"*) al DCE (*"Data Communication Equipment"*).

3 (TD) *"Transmit Data"*

A través de esta línea se envían los datos seriales del DTE al DCE.

5 (SG) *"Signal Ground"*

Este es el circuito de tierra al cual todos los demás voltajes son referidos, en la tabla A.1 se muestran las demás señales del estándar RS232 [14].

Tabla A.1 Señales RS232 en un conector DB9 Y DB25.

DB9	DB25	NOMBRE	EIA	CCITT	DTE/DCE	FUNCION
	1	CG	AA	101	⇔	Tierra física
3	2	TXD	BA	103	⇒	Transmisor
2	3	RXD	BB	104	⇐	Receptor
7	4	RTS	CA	105	⇒	Petición de envío
8	5	CTS	CB	106	⇐	Preparación de envío
6	6	DSR	CC	107	⇐	Datos preparados
5	7	SG	AB	102	⇐	Señal de tierra
1	8	DCD	CF	109	⇐	Detector portadora de datos
	9	*			⇐	Voltaje de prueba positivo
	10	*			⇐	Voltaje de prueba negativo
	11	—				
	12	+ SDCD	SCF	122	⇐	Detector portadora de datos secundario
	13	+ SCTS	SCB	121	⇐	Preparación de envío sec.
	14	+ STD	SBA	118	⇒	Transmisor sec.
	15	# TC	DB	114	⇐	Reloj transmisor
	16	+ SRD	SBB	119	⇐	Receptor sec.
	17	# RC	DD	115	⇐	Reloj de recepción
	18	—				
	19	+ SRTS	SCA		⇒	Petición de envío sec.
	20	DTR	CD	120	⇒	Terminal datos preparada
	21	* SQ	CG	108.2	⇐	Calidad de señal
9	22	RI	CE	110	⇐	Indicador de llamada
	23	*	CH	125	⇒	selector de velocidad de datos
	24	* XTC	DA	111	⇒	Reloj transmisor externo
	25	*		113	⇒	"Busy"

* Usado rara vez.

+ usado sólo si el canal secundario se encuentra implantado.

Usado sólo en interfases síncronas.

- [1] Embedded Microcontrollers and Processors, Volume I.
Intel, 1992.
- [2] Kennedy, George.
Electronic Communications Systems,
Mc Graw-Hill, 1985.
- [3] Riter, Stephen.
Automatic Vehicle Location- An Overview.
IEEE transactions on vehicular technology,
26,1 (febrero 1987), 7-11.
- [4] Getting, A. Ivan.
The Global Positioning System.
IEEE spectrum, (diciembre 1993), 36-47.
- [5] Enge, P.K., Olson, K.E. (1990).
Medium Frequency Broadcast of Differential GPS Data.
IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems,
26, 4 (julio 1990), 607-617.
- [6] Kayton, Miron (1988).
Navigation: Ships to space.
IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems,
24,5 (septiembre 1988), 474-519.
- [7] Kitching, D. I.
Potential for a unified glonass/navstar civil navigation system.
IEEE Fourth international conference on satellite system for mobile
communications and navigation, número 294, 181-185.

- [8] Kaplan, S. G., Ritzie D.A.
An X-Band system using semipassive signpost reflectors for automatic location and tracking of vehicles.
IEEE transactions on vehicular technology,
26,1 (febrero 1977).
- [9] Feess, A. W., Stephens G. S.
Evaluation of GPS ionospheric time-delay model
IEEE transactions on aerospace and electronic systems,
AES-23,3 (mayo 1987), 332-338.
- [10] Lowrance OEM GPS Module.
Interface Specifications.
National Marine Electronics Systems 7-29-92.
- [11] Schildt, Herbert.
C guía para usuarios expertos
Mc. Graw Hill 1989.
- [12] Siemer, E.R.
Principios de comunicaciones modulación y ruido.
Trillas 1991.
- [13] Ben, Ezzell.
Programación de gráficos en turbo c++.
Addison_Wesley/Díaz de santos 1990.
- [14] Manual de operación de HP D1004A Dual-Serial/EMS adapter.
Hewlett Packard.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**